



TITLE:

ストームトラックの形成機構と時間平均循環場へのフィードバック効果の解明

AUTHOR(S):

向川, 均

CITATION:

向川, 均. ストームトラックの形成機構と時間平均循環場へのフィードバック効果の解明. 2003

ISSUE DATE:

2003-03

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/85132>

RIGHT:

p.12-101は学術雑誌掲載論文の抜き刷り、出版社に著作権許諾が得られていないため未掲載。

スチームトラックの形成機構と
時間平均循環場へのフィードバック効果の解明
(課題番号 12640417)

平成 12 年度～平成 14 年度科学研究費補助金
(基盤研究 (C) (2))

研究成果報告書



平成 15 年3月

研究代表者 向 川 均

(京都大学防災研究所 助教授)

科研

2002

147

ストームトラックの形成機構と 時間平均循環場へのフィードバック効果の解明

(課題番号: 12640417)

平成 12 年度～平成 14 年度 科学研究費補助金
基盤研究 (C)(2) 研究成果報告書

平成 15 年 3 月

研究代表者 向川 均
(京都大学 防災研究所 助教授)

目次

1 概要	3
1.1 研究組織	3
1.2 交付決定額 (配分額)	3
1.3 研究発表	3
2 研究成果の概要	7

1 概要

1.1 研究組織

研究代表者:

向川 均 北海道大学 大学院地球環境科学研究科 助教授 (平成 14 年 6 月まで)
京都大学 防災研究所 助教授 (平成 14 年 7 月から)

研究協力者:

阿部 睦 北海道大学 大学院地球環境科学研究科 院生
荒井 美紀 北海道大学 大学院地球環境科学研究科 院生
稲津 将 北海道大学 大学院地球環境科学研究科 院生

1.2 交付決定額 (配分額)

	直接経費	間接経費	合計
平成 12 年度	2,400 千円	0 千円	2,400 千円
平成 13 年度	500 千円	0 千円	500 千円
平成 14 年度	700 千円	0 千円	700 千円
総計	3,600 千円	0 千円	3,600 千円

1.3 研究発表

(1) 学会誌等

1. Inatsu, M., H. Mukougawa, and S.-P. Xie, 2002: Stationary eddy response to surface boundary forcing: Idealized GCM experiments. *J. Atmos. Sci.*, **59**, 1898–1915.
2. Arai, M., and H. Mukougawa, 2002: On the effectiveness of the eddy straining mechanism for the maintenance of blocking flows. *J. Meteor. Soc. Japan*, **80**, 1089–1102.
3. Inatsu, M., H. Mukougawa, and S.-P. Xie, 2002: Tropical and extratropical SST effects on the midlatitude storm track. *J. Meteor. Soc. Japan*, **80**, 1069–1076.
4. Inatsu, M., H. Mukougawa, and S.-P. Xie, 2003: Atmospheric response to zonal variations in mid-latitude SST: Transient and stationary eddies and their feedback. *J. Climate*, in revision.

(2-1) 口頭発表 (国際学会)

5. Mukougawa, H., and M. Abe: Multiple zonal flow regimes in a two-layer model. International Workshop on Global Change: Connection to the Arctic, Sendai, August 2000.

6. Inatsu, M., H. Mukougawa, and S.-P. Xie: On the localization of strong wind shear and storm tracks in an idealized AGCM. International Workshop on Global Change: Connection to the Arctic, Sapporo, January 2001.
7. Mukougawa, H., M. Inatsu, and S.-P. Xie: Formation of zonal asymmetry in wintertime circulations in an idealized AGCM: Westerly jet core, stationary eddy, and storm track. U.S.-Japan Seminar, Kyoto, March 2001.
8. Arai, M., and H. Mukougawa: The role of the synoptic disturbances in maintenance of blocking events. U.S.-Japan Seminar, Kyoto, March 2001.
9. Inatsu, M., and H. Mukougawa, and S.-P. Xie: GCM experiments on the impact of surface boundary conditions on the Arctic Oscillation. U.S.-Japan Seminar, Kyoto, March 2001.
10. Inatsu, M., and H. Mukougawa, and S.-P. Xie: Zonally localized storm tracks in an idealized AGCM. American Meteorological Society, 13th Conference on Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics, Breckenridge Colorado, June 6, 2001
11. Mukougawa, H., M. Inatsu, and S.-P. Xie: Formation of zonal asymmetry in wintertime circulations in an idealized AGCM: Westerly jet core, stationary eddy, and storm track. IAMAS 2001, Innsbruck, Austria, July 12, 2001.
12. Arai, M., and H. Mukougawa: Effectiveness of eddy straining mechanism for the maintenance of blocking flows. IAMAS 2001, Innsbruck, Austria, July 13, 2001.
13. Mukougawa, H., and T. Hirooka: Predictability of stratospheric sudden warming: A case study for 1998/99 Winter. International Symposium on Stratospheric Variations and Climate, Fukuoka, November 2002.
14. Inatsu, M., and H. Mukougawa, and S.-P. Xie: Atmospheric response to zonal variations in mid-latitude SST: Transient and stationary eddies and their feedback. International Symposium on Stratospheric Variations and Climate, Fukuoka, November 2002.
15. Yamazaki, K., A. Ogasawara, R. Nakazawa, and H. Mukougawa: The role of large-scale mountain range in the Northern Hemisphere annular mode. 3rd International Workshop on Global Change: Connection to the Arctic 2002, Fairbanks, November 2002.
16. Mukougawa, H., and T. Hirooka: Predictability of stratospheric sudden warming: A case study for 1998/99 Winter. 5th Annual Symposium Japanese-American Beckman Frontiers of Science, Irvine, California, December 2002.

(2-1) 口頭発表 (国内学会)

17. 阿部 睦・向川 均: 準地衡風 2 層 β チャネルモデルにおける帯状流変動. 日本気象学会 2000 年春季大会, つくば, 2000 年 5 月.

18. 荒井 美紀・向川 均: ブロッキング現象の維持にはたす総観規模擾乱の役割. 日本気象学会 2000 年春季大会, つくば, 2000 年 5 月.
19. 稲津 将・向川 均・謝 尚平: 理想化した AGCM におけるストームトラックの局在化. 日本気象学会 2000 年秋季大会, 京都, 2000 年 11 月.
20. 向川 均・稲津 将・謝 尚平: 理想化した AGCM における時間平均場とストームトラックとの相互作用. 「成層圏力学過程とオゾンの変動およびその気候への影響」 平成 12 年度公開シンポジウム, 京都, 2001 年 2 月.
21. 向川 均・稲津 将・謝 尚平: 理想化した AGCM による冬季対流圏循環における東西非一様性形成メカニズムの解明: 亜熱帯ジェットコア・中高緯度定在波・ストームトラック. 東京大学気候システム研究センター CCSR セミナー, 東京, 2001 年 3 月.
22. 稲津 将・向川 均・謝 尚平: 北極振動の東西非一様性を同定する境界条件. 日本気象学会 2001 年春季大会, 東京, 2001 年 5 月.
23. 廣岡 俊彦・向川 均: 成層圏突然昇温の予測可能性. 成層圏プラットフォーム研究会, 東京, 2001 年 10 月.
24. 稲津 将・向川 均・謝 尚平: 中緯度海面水温に対するストームトラックの応答. 「成層圏力学過程とオゾンの変動およびその気候への影響」 平成 13 年度公開シンポジウム, 東京, 2002 年 2 月.
25. 向川 均・廣岡 俊彦: 成層圏突然昇温の予測可能性. 「成層圏力学過程とオゾンの変動およびその気候への影響」 平成 13 年度公開シンポジウム, 東京, 2002 年 2 月.
26. 向川 均・廣岡 俊彦: 成層圏突然昇温の予測可能性-'98/'99 年冬季の事例解析. 日本気象学会 2002 年度春季大会, さいたま, 2002 年 5 月.
27. 荒井 美紀・向川 均: ブロッキング現象における低周波変動と総観規模擾乱の役割. 日本気象学会 2002 年春季大会, さいたま, 2002 年 5 月.
28. 向川 均: 力学系理論を援用した対流圏季節内長周期変動の力学と予測可能性に関する研究. 流体若手夏の学校 2002, 箱根, 2002 年 9 月.
29. 向川 均・中澤 留威・荒井 美紀・稲津 将: 北太平洋域でのブロッキング形成に対する大規模山岳の役割. 日本気象学会 2002 年度秋季大会, 札幌, 2002 年 10 月.
30. 荒井 美紀・向川 均: ブロッキング現象の生成における低周波変動と総観規模擾乱の役割. 日本気象学会 2002 年秋季大会, 札幌, 2002 年 10 月.
31. 稲津 将・向川 均・謝 尚平: 中緯度 SST 強制に対する定常波とストームトラック形成機構. 日本気象学会 2002 年秋季大会, 札幌, 2002 年 10 月.

32. 森 明子・廣岡 俊彦・向川 均: 2001/02 冬季の成層圏循環と突然昇温. 日本気象学会 2002 年秋季大会, 札幌, 2002 年 10 月.
33. 向川 均・廣岡 俊彦: 成層圏突然昇温の予測可能性-1998/99 年の事例解析. 日本気象学会 月例会「長期予報と大気大循環」-力学的長期予報の展望-, 東京, 2002 年 10 月.
34. 向川 均: 対流圏季節内長周期変動の力学系的解析. 九州大学応用力学研究所 研究集会「流体現象における力学系的方法」, 福岡, 2002 年 11 月.
35. 向川 均・佐海 弘和・廣岡 俊彦: 成層圏突然昇温の予測可能性. 平成 14 年度防災研究所年次研究発表会. 京都, 2003 年 2 月.
36. 向川 均: 大気大規模運動に対する力学系的アプローチ. 統計数理研究所研究集会「力学系と乱流」. 東京, 2003 年 2 月.

(3) 出版物

37. Inatsu, M., H. Mukougawa, and S.-P. Xie, 2001: Zonally localized storm tracks in an idealized AGCM. American Meteorological Society, Proc. 13th Conference on Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics, 275-278.
38. Mukougawa, H., and M. Abe, 2001: Multiple zonal flow regimes in a two-layer model. Tohoku Geophysical Journal, The Graduate School of Science, Tohoku University, **36**, 200-206.
39. Inatsu, M., H. Mukougawa, and S.-P. Xie, 2001: On the localization of strong wind shear and storm tracks in an idealized AGCM. Bulletin of the Research Center for North Eurasia and North Pacific Regions, Hokkaido University, in press.
40. 向川 均・稲津 将・謝 尚平, 2001: 理想化した AGCM における時間平均場とストームトラックの相互作用. 「成層圏力学過程とオゾンの変動およびその気候への影響」平成 12 年度公開シンポジウムプロシーディング, 76-81.
41. 向川 均, 2001: 第 31 期第 1 回評議員会発言要旨 「今後の気象学および気象学会のあり方について」. 天気, **48**, 422-423.
42. 向川 均・廣岡 俊彦, 2002: 成層圏突然昇温現象の予測可能性. -1998 年 11 月, 12 月の事例解析-. 「成層圏力学過程とオゾンの変動およびその気候への影響」平成 13 年度公開シンポジウムプロシーディング, 94-99.
43. 稲津 将・向川 均・謝 尚平, 2002: 中緯度海面水温に対するストームトラックの応答. 「成層圏力学過程とオゾンの変動およびその気候への影響」平成 13 年度公開シンポジウムプロシーディング, 100-104.

2 研究成果の概要

ストームトラックとは、対流圏中高緯度における天気現象を支配する、いわゆる移動性総観規模擾乱（高低気圧波）の活動が活発な領域を意味し、北半球の上部対流圏では東西非一様な存在分布を示し、北太平洋中部から東部、および北大西洋中部に局在して存在する。ストームトラック領域では、移動性擾乱に伴う熱や運動量フラックス、さらには、降水現象による大気の大断熱加熱分布が極大となるため、対流圏中高緯度の気候分布（大気の時間平均場）を決定する上で、ストームトラックは極めて重要な作用を果すと考えられている。また、ストームトラックは、降水現象や、海表面における風応力を通して、中高緯度における大気海洋相互作用における中心的な役割を果しているため、気候系における10年振動や、海洋中の熱塩循環の変動の解明のためにも、ストームトラック自体の振舞いを理解することは重要と考えられる。そこで本研究では、ストームトラックの存在領域を決定する要因と、ストームトラックが東西非一様な時間平均場の維持に果す役割、及び総観規模擾乱と低周波変動との相互作用の解明を目標に研究を行った。

2-1. ストームトラックの存在領域の決定要因

低気圧活動の盛んな領域として定義されるストームトラックは、冬季では、北太平洋西部と、北大西洋西部に局在する。従来の研究において、ストームトラックをこのように東西に局在化させる要因として、時間平均場の東西非一様性の重要性が指摘されてきた。例えば、Blackmon *et al.* (1977) は、ストームトラックが亜熱帯ジェットコアの下流に位置することから、亜熱帯ジェットの東西非一様性の重要性を示唆している。また、Hoskins and Valdes (1990) は、ストームトラックを形成する傾圧性擾乱の生成源と考えられる大気下層の傾圧度の大きい領域が、ストームトラックのすぐ上流にあたる大陸東岸付近に存在することから、傾圧性擾乱の生成源の東西非一様性がストームトラックの局在化をもたらすことを示唆している。しかし、このように生成した傾圧性擾乱は、生成域の下流側へ波動エネルギーを伝播させるため (Chang and Orlanski, 1993)、擾乱の消滅源がない場合にはストームトラックは局在化することなく、さらに下流へ延伸することが予想される。このため、Whitaker and Dole (1995) は、ストームトラックの下流域での diffluent な時間平均場の領域で、移動性擾乱から時間平均場への順圧的運動エネルギー変換が生じ、擾乱のエネルギーが減少することにより、ストームトラックが局在化するというメカニズムを提唱している。しかし、これらの議論は現実の中高緯度対流圏循環での観測結果にもとづくもので、これらがストームトラックの局在化を必ずしも一般的に説明するとは限らない。そこで、本研究課題では、理想的な境界条件を仮定した大気大循環モデル (AGCM) 実験で出現する時間平均場とストームトラックの関係を解析し、これらのメカニズムの有効性を議論した。ここで用いたモデルは、CCSR/NIES AGCM Ver. 5.5b (水平解像度 T42, 鉛直層数 20) である。このモデルで山岳を取り除き、季節を1月に固定し、様々な理想的な境界条件を仮定して長時間積分を行い、出現するストームトラックと時間平均場の関係について解析した。なお、ストームトラックは、対流圏上層の 250 hPa 等圧面で、2.5 日から6日の周期帯を持つ高度場変動の大きい領域として定義した。

まず、これらの実験の結果、ストームトラックの局在化に対して、対流圏上層の定在波

(時間平均場の東西非一様成分)よりも、地表面付近の大気下層における傾圧度が重要な役割をはたしている場合が存在することが明らかになった。特に、山岳などにより励起される大振幅の定在波が存在しない場合、中緯度海面水温の南北勾配の東西非一様性が、ストームトラックを東西方向に局在化させる最も重要な要因であることが示された。

さらに、この中緯度海面水温分布の役割を詳しく解析するために、中緯度域のある緯度領域のみで東西波数1の分布を持つ海面水温偏差を与えて長時間積分(1500日間)を実施した。また、海面水温偏差分布を与える緯度を変えて実験を行い、中緯度海面水温の南北勾配の東西非一様性が存在する緯度に対するストームトラックや定在波の応答の依存性を調べた。まず、海面水温偏差分布を緯度30度で与えると、海面水温の南北勾配の東西非一様性は、このモデルにおいてストームトラックが存在する南北位置に相当する、緯度40度で最大となり、ストームトラックは東西方向に局在化した。一方、海面水温偏差分布を、40度や50度などのより極側の緯度帯で与えると、ストームトラックはほぼ東西一様になった。特に、緯度50度に海面水温偏差を与えた場合には、緯度40度での海面水温の南北勾配の東西非一様性は、緯度30度の場合と同様に、大きくなるにもかかわらず、ストームトラックの局在化は顕著でないことが示された。

次に、緯度30度で海面水温偏差を与え、ストームトラックが東西方向に局在化した場合について、総観規模擾乱成分の運動エネルギー収支解析を行い、ストームトラックが局在化するメカニズムを調べた。その結果、海面水温分布の南北勾配の東西非一様性によって形成される大気の下層における南北温度勾配の非一様性によって、基本場から擾乱への傾圧エネルギー変換率が東西非一様になることが、ストームトラックを東西方向に局在化させる最も重要な要因であることが示された。また、非地衡風成分の運動による擾乱運動エネルギーの赤道側への輸送や摩擦消散も、ストームトラックを東西方向に局在化させる効果を持つことが示された。一方、従来の理論的研究では重要と考えられてきた、擾乱から基本場への傾圧エネルギー変換率の東西非一様性は、この実験におけるストームトラックの局在化に寄与しないことが明らかになった。

2.2. ストームトラックと時間平均場との相互作用

上記の実験のうち、緯度30度で海面水温偏差を与えストームトラックが東西方向に局在化した場合には、対流圏中に顕著な定在波が存在する。対流圏上層では、この定在波に伴う高気圧(低気圧)性循環が、緯度30度で与えた暖水(冷水)域、すなわちストームトラックの活動が極大(極小)となる経度帯の北東側に存在する。この定在波の生成要因を調べるため、熱力学方程式と渦度方程式のバランスを時間平均場について解析した。その結果、ストームトラックに伴う大規模凝結によって生成される非断熱加熱が定在波を励起していることが明らかとなった。さらに、この定在波は傾圧的な構造を持つため、大気下層では、ストームトラックの活動が極大となる領域の北側に低圧部が形成される。この低圧部の存在が、その南側に位置するストームトラック領域の大気下層での西風の鉛直シアを強める役割を果し、ストームトラックの局在化を維持していた。すなわち、降水に伴う非断熱加熱による、移動性総観規模擾乱と定在性感星波との間の正のフィードバック効果の存在によって、ストームトラックが局在化すると考えられる。一方、緯度40度や50度に海面水温偏差を与えた場合には、このフィードバック過程がうまく機能しないた

め、ストームトラックはほぼ東西一様になることも分かった。

従来の研究においては、総観規模擾乱に伴う、渦度や熱フラックスの収束発散によって定在波が励起されるメカニズムの存在は指摘されていたが、本研究で得られた定在波の励起機構の存在を実際に示した研究は他には存在しない。また、本研究で得られた、ストームトラックと対流圏上層における定在波との位相関係は、南半球におけるそれと一致するので、上記の結果は南半球の気候場の形成を理解する上で極めて重要と考えられる。

2-3. 総観規模擾乱と低周波変動との相互作用

中高緯度対流圏における低周波変動を代表するブロッキング現象の形成・維持にはたす総観規模擾乱の役割を順圧準地衝風 β -チャンネルモデルを用いて詳しく解析した。

ブロッキング現象は、主として、大西洋東部や太平洋東部で発生し、偏西風が南北に大きく分流する循環場で特徴づけられる。また、ブロッキング現象は、一週間以上にも渡る持続特性を持ち、一度発生すると、上流から東進してくる総観規模擾乱の進行を妨げる(ブロックする)ため、地域的な異常気象を引き起こす主要な要因として知られている。Shutts(1983)は、ブロッキング現象に伴う偏西風の分流で変形された総観規模擾乱によって生ずる渦度フラックスの収束発散の効果(eddy straining 効果)で、このブロッキング現象が定性的には維持されていることを示唆した。しかしながら、この eddy straining 効果が、基本場の分流構造を維持するのにどの程度寄与しているかという定量的見積もりや、その効果の基本場に対する依存性は明確になっていない。また、ブロッキング現象の生成に果す eddy straining 効果の役割も議論されていない。本研究課題では、順圧準地衝風 β -チャンネルモデルを用いて、まず、eddy straining 効果の有効性について詳細な検討を行った。一方、最近の観測データを用いた解析的研究により、ブロッキングの生成時に長周期変動成分の寄与が重要であることが指摘されているので、本研究でも、同じ数値モデルを用いて、長周期変動が存在する基本場において、どのようなメカニズムでブロッキング現象のように分流を伴う流れ場が形成されるのかに関しても詳しい力学的解析を行った。

まず、Shutts(1983)と同様に、総観規模擾乱を表現するために無限小振幅の移動性擾乱を発生させ、仮定した分流を伴う基本場によって生ずる移動性擾乱の eddy strainig 効果を準線型の範囲で評価した。まず、分流のある基本場を形成するために、順圧 β -平面準地衝風方程式の非粘性定常解である西風中のモドン解に相当する渦度強制を与えてモデルの定常解を求めた。その結果、このモデルには一様な西風中で孤立構造を持つ2つの定常解が存在することがわかった。一つはモドン解とよく似た南北双極子構造を持つ「ブロッキング解」であり、もう一方は帯状風が卓越する「帯状解」である。次に、安定な定常解を基本場と仮定し、基本場の分流域のはるか上流で総観規模擾乱を模した微小振幅の移動性擾乱を生成させた。この擾乱に伴うポテンシャル渦度(PV)フラックスの収束発散によって励起される二次流れと基本場との類似性を調べることで、eddy straining 効果の有効性を検証した。

「ブロッキング解」を基本場としたとき、擾乱に伴う時間平均したPVフラックスの分布は、チャンネル中央の基本場に伴う分流域の上流側で、北側と南側で発散・収束する双極子構造を持っていた。しかし、この分布を元に求められる二次流れ場は、基本場の双極子構造とは異なる四重極構造を持ち、それによって基本場の双極子構造は下流に移動する傾

向を持つことが示された。一方、基本場が「帯状解」の場合には、二次流れ場は、弱い分流を持つ基本場を維持する傾向にあった。すなわち、eddy straining 効果の有効性は基本場に依存することが分かった。さらに、「ブロッキング解」を基本場として、与える移動性擾乱の水平スケールをわずかに変化させた場合、PV フラックスの分布はほとんど変化しないが、二次流れ場は大きく変化することが示された。このことは、eddy strainig 効果は、総観規模擾乱の水平スケールにも大きく依存していることを示している。また、非線型モデルを用いた実験でも、移動性擾乱による eddy straining 効果は、「ブロッキング解」に伴う基本場の分流構造を粘性散逸に抗して維持するには定量的にも不十分であることが示された。

次に、現実大気を念頭におき、基本場に長周期変動が存在する場合におけるブロッキング現象の生成、維持に果たす eddy straining 効果を明らかにするため、上記のモデルに東西方向に Gauss 型の孤立山岳 (高さ h) を加えて同様の数値実験を行った。

まず、このモデルで、様々な一様東西風 (U) の大きさに対して、定常解や周期解を求め、その分岐構造を調べた。山岳の高さ h が 900 m の場合、一様東西風 U の大きさが 10 m/s から 20 m/s の範囲では、東西波数 4 の波成分が卓越する安定定常解からなる解の枝と、 $U > 12$ m/s で安定周期解が分岐する枝の 2 つが得られた。次に、これらの解を基本場とし、総観規模擾乱に相当する移動性擾乱を生成する渦度強制を与えて時間積分を行い、解の振る舞いを詳しく調べた。但し、この渦度強制として、強制された移動性擾乱が位相速度 U を持つような関数を仮定し、それを孤立山岳の風下側に存在する基本流に伴う気圧の谷付近で与えた。

例えば、 $h = 900$ m, $U = 14$ m/s で存在する、周期が約 16 日の周期解を基本場として仮定し、移動性擾乱を強制すると、孤立山岳の風下側に存在する基本場の気圧の峰付近で、東西風が南北に分流が生じ、それが 10 日以上持続するブロッキング状態に酷似した流れ場が出現することが示された。この分流を伴う流れのパターンは $U \leq 15$ m/s で頻繁に出現する。この流れ場の生成・維持過程において移動性擾乱や長周期変動の役割を定量的に示すため、流れ場の主成分分析をもとに、このモデルにおける典型的な分流を伴う流れ場 (以下、ブロッキング現象) を、以下の様に客観的に定義した。まず、流れ場の第一主成分は $U \leq 15$ m/s で、ブロッキング現象発生時に酷似した流れのパターンを持ち、 $U = 14$ m/s においては、その寄与率 81.4% に達する。このため、 $U = 14$ m/s での第一主成分に伴うスコアの値が、その標準偏差を上回る日が 10 日以上連続した事例をブロッキングと定義した。また、その値が初めてその標準偏差を越えた時を、ブロッキングのオンセットと定義した。このように定義したブロッキングの出現頻度は、 $U \leq 15$ m/s では大変多いのに対し、 $U = 16$ m/s では急激に少なくなり、 $U = 17$ m/s ではブロッキングは全く発生しなくなった。このことは、ブロッキング現象の出現は基本場に大きく依存していることを意味している。

次に、モデルの積分結果に 10 日のローパスフィルターを施したものを長周期変動成分、それ以外の成分を短周期変動成分と定義し、 $U = 14$ m/s で出現するブロッキング現象について、それぞれの変動成分がモデルで発生したブロッキング現象の生成過程にどのように寄与しているかを PV 方程式を用いて詳しく解析した。ここで、短周期変動成分の主要成分は、渦度強制により与えた移動性擾乱である。この解析により、ブロッキングの生成時

には長周期変動成分と短周期変動成分との相互作用を表現する項が卓越し、長周期変動成分に伴う流れの場による短周期成分のPVの移流が増大することを契機として、ブロッキングが移動性擾乱が持つ短い時間スケールで生成することが示された。

一方、時間変動する基本場における、移動性擾乱に伴う eddy straining 効果を定量的に見積もるため、短周期変動成分に伴う渦度フラックスの発散場にローパスフィルターを施したものを強制力として与え、PV 方程式を時間発展させた。その結果、時間積分の初期値としてブロッキングオンセット 10 日前、5 日前の長周期変動成分を与えた場合には、ブロッキングは発生しないことが示された。一方、時間積分の初期値としてブロッキングオンセット時の長周期変動成分を与えた場合には、ブロッキングは維持されることが示された。すなわち、移動性擾乱に伴う eddy straining 効果は、ブロッキングの形成には重要ではないが、ブロッキング現象に伴って、明瞭な分流場が形成されると、ブロッキング現象を維持するように機能し始める。これは、eddy straining 効果の有効性が基本場の流れの場に強く依存することを意味している。